

2001-244514

Abstract of JP2001244514

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laminated piezoelectric actuator and an injector with high reliability that can sufficiently ensure connection between an internal electrode and an external electrode even in the case of a high-speed continuous operation over an extended period in a highly applied electric field.

SOLUTION: There are provided: an actuator body 1 in which piezoelectric bodies 2 and internal electrodes 3a and 3b are stacked alternately, and a pair of external electrodes 6a and 6b which are disposed on different sides of the actuator body 1 and electrically connect the first internal electrodes 3a and the second internal electrodes 3b, respectively. Concave grooves 7, on which the ends of a plurality of internal electrodes 3a and 3b are exposed, are formed on the sides of the actuator body 1 having the external electrodes 6a and 6b formed thereon, respectively. Conductors 9 and insulators 11 are alternately fill the concave grooves 7. Further, an end of a connecting conductive member 15, which has the other end embedded into the conductor 9, is connected to the external electrode 6a or 6b.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-244514

(P2001-244514A)

(43) 公開日 平成13年9月7日(2001.9.7)

(51) Int.Cl.

識別記号

F I

ターム(参考)

H 0 1 L 41/083

F 0 2 M 51/06

N 3 G 0 6 6

F 0 2 M 51/06

H 0 2 N 2/00

B

H 0 1 L 41/09

H 0 1 L 41/08

Q

H 0 2 N 2/00

U

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-54849(P2000-54849)

(22) 出願日 平成12年2月29日(2000.2.29)

(71) 出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田烏羽殿町6番地

(72) 発明者 芦田 幸喜

鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内

Fターム(参考) 3G066 AB02 BA19 BA33 BA46 BA54

CC06S CC08U CD30 CE27

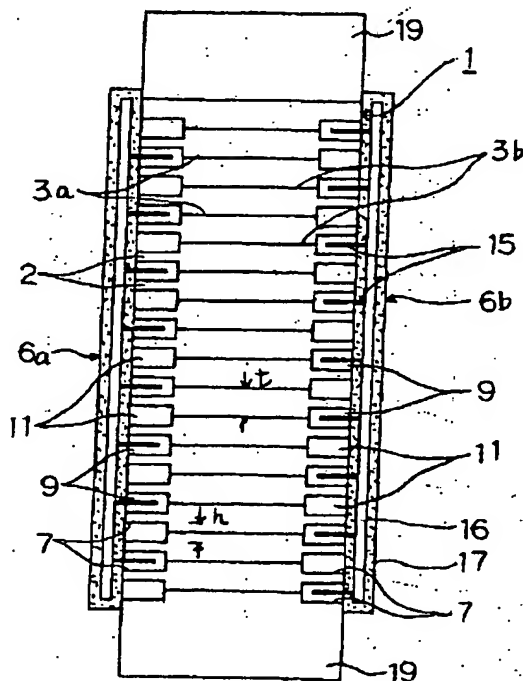
CE30 CE31 CE34

(54) 【発明の名称】 積層型圧電アクチュエータおよびこれを用いた噴射装置

(57) 【要約】

【課題】 高い印加電界で高速で長期間連続作動する場合でも、内部電極と外部電極との接続を十分確保できる信頼性の高い積層型圧電アクチュエータおよび噴射装置を提供する。

【解決手段】 圧電体2と内部電極3a、3bとを交互に積層してなるアクチュエータ本体1と、該アクチュエータ本体1の異なる側面に設けられ、第1内部電極3a同士および第2内部電極3b同士をそれぞれ電気的に接続する一対の外部電極6a、6bとを具備し、外部電極6a、6bが形成されるアクチュエータ本体1の側面に、複数の内部電極3a、3bの端部がそれぞれ露出する凹溝7を形成するとともに、該凹溝7内に導電体9または絶縁体11を交互に充填し、さらに、一端部が導電体9に埋設された接続導電部材15の他端部を、外部電極6a、6bに接合してなる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の圧電体と複数の内部電極とを交互に積層してなり、前記内部電極が交互に第1内部電極または第2内部電極とされたアクチュエータ本体と、該アクチュエータ本体の異なる側面に設けられ、前記第1内部電極同士および前記第2内部電極同士をそれぞれ電気的に接続する一対の外部電極とを具備する積層型圧電アクチュエータであって、前記外部電極が形成されるアクチュエータ本体の側面に、前記複数の内部電極の端部がそれぞれ露出する凹溝を形成するとともに、該凹溝内に導電体または絶縁体を交互に充填し、さらに、前記導電体に接続導電部材の一端部を埋設して設け、他端部を前記外部電極に接合してなることを特徴とする積層型圧電アクチュエータ。

【請求項2】接続導電部材および外部電極がNiおよびFeを含有する合金からなることを特徴とする請求項1記載の積層型圧電アクチュエータ。

【請求項3】外部電極が、金属薄板または金属メッシュと、これらを被覆する導電性接着剤から構成されており、接続導電部材が前記金属薄板または金属メッシュに接合されていることを特徴とする請求項1または2記載の積層型圧電アクチュエータ。

【請求項4】噴射孔を有する収納容器と、該収納容器内に収容された請求項1乃至3のうちのいずれかに記載の積層型圧電アクチュエータと、該積層型圧電アクチュエータの駆動により前記噴射孔から液体を噴出させるバルブとを具備してなることを特徴とする噴射装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、積層型圧電アクチュエータおよびこれを用いた噴射装置に係わり、例えば、自動車用燃料噴射弁、光学装置等の精密位置決め装置や振動防止用の駆動素子等に使用される積層型圧電アクチュエータおよび噴射装置に関するものである。

【0002】

【従来技術】従来、電歪効果を利用して大きな変位量を得るために、圧電体と内部電極を交互に積層した積層型圧電アクチュエータが提案されている。積層型圧電アクチュエータには、同時焼成タイプと圧電磁器と内部電極板を交互に積層した単板積層タイプの2種類に分類されており、低電圧化、製造コスト低減の面から考慮すると、同時焼成タイプの積層型圧電アクチュエータが薄層化に対して有利であるために、その優位性を示しつつある。

【0003】同時焼成タイプの積層型圧電アクチュエータとして、例えば、特公平6-66484号公報に記載されているように、アクチュエータ本体の側面に露出した内部電極の端部に一層おきにガラスからなる絶縁層を被覆し、外部電極には、この絶縁層と絶縁層の間に絶縁層が形成されていない内部電極の端部を導電性ガラス膜

で被覆し、電気的に接続した積層型圧電アクチュエータが開示されている。

【0004】しかしながら、特公平6-66484号公報に開示された積層型圧電アクチュエータでは、アクチュエータ本体の側面に露出した内部電極の端部には一層おきにガラスからなる絶縁層が被覆され、内部電極とその両側の圧電体が強固に接合されており、外部電極と内部電極との絶縁性が確保されているが、長期間連続駆動させた場合、導電性ガラス膜に割れが生じ、この割れを介して内部電極と外部電極との間で剥離が生じ、一部の圧電体に電圧が供給されなくなり、駆動中に変位特性が変化するという問題があった。

【0005】また、このようなアクチュエータにおいては、外部電極にリード線を半田付けにより形成することから、外部電極に使用している導電性ガラス膜が半田食われを生じ、導通の信頼性を著しく低下させる問題があった。

【0006】このような問題に対し、特開昭63-153870号公報では、外部電極と内部電極の剥離を防止するため、リード線、外部電極、内部電極間の導通の信頼性を向上させるため、アクチュエータ本体の側面に露出した内部電極の端部に一層おきにガラスからなる絶縁層を被覆し、外部電極には、絶縁層と同じピッチで、かつ絶縁層の断面よりやや大きい凹部を形成し、この凹部に絶縁層を収容するようにして、かつ、凹部間の凸部に、絶縁層が形成されていない内部電極の端部を、導電性接着剤で接着した積層型圧電アクチュエータが開示されている。

【0007】また、特開平10-229227号公報においては、積層圧電体の側面に基礎金属被膜を被覆し、該基礎金属被膜と部分的な接触箇所を介して、三次元構造化された導電性の電極が結合され、前記三次元構造化された導電性電極が、接触箇所において伸長可能な状態で形成された積層型圧電アクチュエータが開示されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】近年においては、小型の圧電アクチュエータで大きな圧力下において大きな変位量を確保するため、より高い電界を印加し、長期間連続駆動させることが行われているが、高電界、高圧力下で長期間連続駆動させた場合には、特開昭63-153870号公報に開示された積層型圧電アクチュエータにおいては、圧電体間に形成された内部電極と正極、負極用の外部電極との間で剥離が発生し、一部の圧電体に電圧供給されなくなり、駆動中に変位特性が変化するという問題があった。

【0009】また、特開平10-229227号公報に開示されたアクチュエータであっても、基礎金属被膜と圧電体の間の界面において剥離が生じ、その剥離が進行することにより、内部電極と外部電極の導通不良を生

じ、一部の圧電体に電圧供給されなくなり、駆動中に変位特性が変化するという問題があった。

【0010】本発明は、高い印加電界で高速で長期間連続作動する場合でも、内部電極と外部電極との接続を十分確保できる信頼性の高い積層型圧電アクチュエータおよび噴射装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の積層型圧電アクチュエータは、複数の圧電体と複数の内部電極とを交互に積層してなり、前記内部電極が交互に第1内部電極または第2内部電極とされたアクチュエータ本体と、該アクチュエータ本体の異なる側面に設けられ、前記第1内部電極同士および前記第2内部電極同士をそれぞれ電気的に接続する一対の外部電極とを具備する積層型圧電アクチュエータであって、前記外部電極が形成されるアクチュエータ本体の側面に、前記複数の内部電極の端部がそれぞれ露出する凹溝を形成するとともに、該凹溝内に導電体または絶縁体を交互に充填し、さらに、前記導電体に接続導電部材の一端部を埋設して設け、他端部を前記外部電極に接合してなるものである。

【0012】本発明では、アクチュエータ本体の側面に形成された凹溝内の導電体に一端部が埋設された接続導電部材と、外部電極とを溶接、ろう付けなどによって強固に接合することにより、内部電極端部と外部電極の接続不良を防止できる。これにより、高い印加電界で高速で長期連続駆動させる場合においても、外部電極と内部電極が剥離や断線することなく高い耐久性を備えた信頼性の高い積層型圧電アクチュエータを提供することができる。

【0013】また、接続導電部材の一端部が、アクチュエータ本体の側面に形成された凹溝内の導電体が埋設されているため、接続導電部材のアンカー効果により、外部電極の剥離を防止できる。

【0014】本発明では、接続導電部材および外部電極はNiおよびFeを含有する合金からなることが望ましい。これにより、アクチュエータの伸縮により外部電極に応力が作用した場合においても、発生した応力に対し十分な強度を保つため、例えば、金属薄板からなる外部電極や接続導電部材の断裂を抑制し、高耐久性を備えた積層型圧電アクチュエータを提供することができる。

【0015】また、外部電極が、金属メッシュまたは金属薄板と、これらを被覆する導電性接着剤とから構成されており、接続導電部材が金属メッシュまたは金属薄板に接合されていることが望ましい。このような構成では圧電アクチュエータの伸縮により外部電極に応力が作用した場合においても、発生した応力を金属メッシュ、または例えば、波板形状の金属薄板の変形により緩和でき、外部電極の断裂を抑制し、高耐久性を備えた積層型圧電アクチュエータを提供することができる。

【0016】また、本発明の噴射装置は、噴射孔を有す

る収納容器と、該収納容器内に収容された上記積層型圧電アクチュエータと、該積層型圧電アクチュエータの駆動により前記噴射孔から液体を噴出させるバルブとを具備してなるものである。このような噴射装置では、積層型圧電アクチュエータが高耐久性を有することに基づき、耐久性を向上できる。

【0017】

【発明の実施の形態】図1は本発明の積層型圧電アクチュエータの断面図であり、図2は図1の一部を拡大して示す断面図である。図1および図2において、符号1は、複数の圧電体2と複数の内部電極3a、3bとを交互に積層してなる四角柱状のアクチュエータ本体を示すもので、このアクチュエータ本体1の対向する2つの側面には、第1内部電極3aが電気的に接続される第1外部電極6a、および第2内部電極3bが電気的に接続される第2外部電極6bが形成されている。

【0018】圧電体2は、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛 $Pb(Zr, Ti)O_3$ （以下PZTと略す）或いは、チタン酸バリウム $BaTiO_3$ を主成分とする圧電セラミック材料などが使用されるが、これらに限定されるものではなく、圧電性を有するセラミックスであれば何れでも良い。この圧電体材料としては、圧電歪み定数 d_{33} が高いものが望ましい。また、圧電体2の厚み t 、つまり内部電極3aと内部電極3bとの距離は、小型化および高い電界を印加するという点から0.05～0.2mmであることが望ましい。

【0019】内部電極3a、3bは、アクチュエータ本体1の4つの側面全てに端部が露出しており、アクチュエータ本体1の第1外部電極6aが形成された側面には、全ての内部電極3a、3bの端部がそれぞれ露出する複数の凹溝7が形成され、第1内部電極3aの端部が露出した凹溝7には導電体9が、第2内部電極3bの端部が露出した凹溝7には絶縁体11が充填されている。

【0020】また、アクチュエータ本体1の第2外部電極6bが形成された側面には、全ての内部電極3a、3bの端部がそれぞれ露出する複数の凹溝7が形成され、第1内部電極3aの端部が露出した凹溝7には絶縁体11が、第2内部電極3bの端部が露出した凹溝7には導電体9が充填されている。

【0021】凹溝7の積層方向の高さ h は圧電体2の厚み t の約 $1/5 \sim 1/3$ とされている。これは、凹溝7の積層方向の高さ h が圧電体2の厚み t の $1/3$ より大きい場合には、凹溝7の高さ h が圧電体2の厚み t の $1/2$ では溝として成立しなくなり、また、 $1/2$ 以下でも凹溝7が除去された残りの圧電体2の厚みが薄くなり、強度が保てなくなり、加工時のハンドリングにおいて破損してしまう危険があるからである。また、凹溝7の高さ h が圧電体2の厚み t の $1/5$ より小さい場合には、凹溝7の高さ h が極端に小さくなり、加工が困難となったり、導電体9及び絶縁体11の充填不良が生じ

易くなるためである。凹溝7の形状は断面が四角形状とされているが、断面が円形状であっても良い。

【0022】導電体9は、例えば、Agを主体とする合金、Cuを主体とする合金等の導体金属材料からなり、凹溝7の形成後、スクリーン印刷やディッピング等により凹溝7内に充填し、約600℃～900℃で焼成することにより得られる。

【0023】また、絶縁体11は、例えば、ガラス、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、ポリアミドイミド樹脂、シリコンゴム等の絶縁性材料からなり、凹溝7内に絶縁性材料を充填し、硬化することにより得られる。尚、絶縁体11は低ヤング率の材質、例えばシリコンゴム等が好ましい。これは、高ヤング率の材質を充填すると圧電アクチュエータとして駆動した場合の伸長により絶縁体11と圧電体2の界面で剥離を生じ、絶縁性がとれなくなったり、破壊に至ったり、もしくは、圧電体2に亀裂が生じ、破壊に至る虞があるからである。

【0024】ここで、凹溝7内に充填される導電体9と絶縁体11の形成の順序は、一体焼成して得られたアクチュエータ本体1に凹溝7を形成し、この凹溝7内に一つ置きに導電体9を充填し、焼成した後に、残りの凹溝7内に絶縁体11を充填することが望ましい。

【0025】また、導電体9は、例えば、ポリイミド樹脂を用いても形成できる。この場合には、導電体9と絶縁体11の形成の順序は特に考慮する必要はない。導電体9として用いるポリイミド樹脂は、濃硫酸以外には溶解しない難溶解性の樹脂である。そのため、ポリイミドの前駆体であるポリアミック酸を適当な溶媒、例えば、N-メチル-2-ピロリドン(NMP)やテトラヒドロフラン(THF)などに溶解させ、ワニス状とし、このワニスに望みとする体積分率で導電材を混合、混練し、ペースト状にする。このペーストを凹溝7内に充填し、室温から400℃で硬化させることにより導電体9が形成される。

【0026】尚、混練の際には3本ローラーミル等の混練機を用いるのが望ましい。また、ポリイミド樹脂中に導電材としては、特にニッケル、銀、白金、金などの周期律表第6～9族の比較的体積固有抵抗が低い金属粉末を用いることが望ましい。

【0027】そして、本発明では、導電体9内には接続導電部材15の一端部が埋設され、この接続導電部材15の他端部が外部電極6a、6bに接合されている。導電体9内への接続導電部材15の固定は、凹溝の形成後、スクリーン印刷やディッピング等により導電体材料を凹溝に充填し、凹溝内の導電体材料に接続導電部材15を挿入し、例えば、導電体材料を室温～400℃で硬化させることにより、導電体9と接続導電部材15とを電気的及び機械的に接続できる。

【0028】外部電極6a、6bは、金属薄板16と導電性接着剤17とから構成されており、金属薄板16

は、導電性接着剤17中に埋設されており、金属薄板16は、接続導電部材15に当接した状態で、ろう付けしたり、溶接することにより固着され、これにより、外部電極6a、6bがアクチュエータ本体1に接合されている。また、外部電極6a、6bは、導電性接着剤17によってもアクチュエータ本体1に接合されている。

【0029】金属薄板16および接続導電部材15は、導電性があり、加工可能であればいずれの金属でもかまわないが、好ましくは、ステンレス(NiおよびFeを含有する合金)、Ni-Fe合金、Ni-Fe-Co合金等の高ヤング率を有する金属により形成されることが望ましい。これは、NiおよびFeを主体とする高ヤング率を有する合金を用いることにより、圧電アクチュエータの伸縮によって外部電極6a、6bに応力が作用した場合においても、発生した応力に対し十分な強度を保つため、金属薄板16や接続導電部材の断裂の抑制が可能となるためである。

【0030】外部電極6a、6bを構成する導電性接着剤17としては、ニッケル、銀、白金、金などの周期律表第6～9族の比較的体積固有抵抗が小さい導電材を含有するポリイミド樹脂、導電性シリコンゴム等があるが、これに限定されるものではない。

【0031】また、アクチュエータ本体1の積層方向の両端面には、アクチュエータ本体1を機械的に保持し、発生するパワーを外部へ伝達するための不活性部19が積層され、接合されている。さらに、図示されていないが、外部電極6a、6bの外側を含むアクチュエータ本体1の側面全体がシリコンゴム等の絶縁被覆材によって被覆され、これにより、外部からの水分の進入を防ぐことができ、内部電極及び外部電極間の電ロマイグレーションの発生を抑制し、電極接続の信頼性を確保できる。

【0032】以上のように構成された積層型圧電アクチュエータは、例えば、以下のプロセスにより製造される。まず、チタン酸ジルコン酸鉛Pb(Zr, Ti)O₃などの圧電セラミックスの仮焼粉末と、有機高分子からなるバインダーと、可塑剤とを混合したスラリーを作製し、スリップキャスト法により、厚み100～200μmのセラミックグリーンシートを作製する。

【0033】このグリーンシートの片面に、内部電極3a、3bとなる銀-パラジウムを主成分とする導電性ペーストをスクリーン印刷法により1～10μmの厚みに印刷する。この導電性ペーストを乾燥させた後、導電性ペーストが塗布された複数のグリーンシートを所定の枚数だけ積層し、この積層体の積層方向の両端部に、導電性ペーストが塗布されていないグリーンシートを積層する。

【0034】次に、この積層体を50～200℃で加熱しながら加圧し、積層体を一体化する。一体化された積層体は所定の大きさに切断された後、400～800℃

で5～40時間、脱バインダが行われ、900～1200℃で2～5時間焼成し、両端面に不活性部19を有するアクチュエータ本体1を得る。このアクチュエータ本体1の側面には、内部電極3a、3bの端部が露出している。

【0035】この後、アクチュエータ本体1を固定治具にセットし、所定の形状になるまで平面研削盤等を用いてアクチュエータ本体1の側面の加工を行う。

【0036】その後、アクチュエータ本体1の2つの対向する側面において、内部電極3a、3b端部が露出した部分を、深さ100～500μm、積層方向の高さhが20～50μmの凹溝7を形成し、該凹溝7内に一つ置きにAgまたはNiポリイミド等の導電性接着剤を充填した後、これに接続導電部材15の一端部を挿入し、導電性接着剤を室温～400℃で加熱硬化させ、導電体9と接続導電部材15の電氣的及び機械的な接続を行う。

【0037】そして、該凹溝7にシリコンゴム等の絶縁体11を充填する。この時、導電体9と接続導電部材15が絶縁体11に被覆されないようにする必要がある。この後、接続導電部材15の他端部と外部電極6a、6bの金属薄板16をスポット溶接、超音波溶接等の溶接手法、あるいは、ろう付け等の手法により接合固定される。

【0038】この後、導電性接着剤17を、外部電極6a、6bを形成するように、アクチュエータ本体1と金属薄板16との間およびその周囲に塗布し、室温～400℃の空气中または窒素雰囲気中で溶媒を蒸発させるとともに、硬化反応を起こさせることにより、アクチュエータ本体1の側面に外部電極6a、6bを形成することができる。

【0039】この後、図示しないが、正極用外部電極、負極用外部電極にリード線を接続し、アクチュエータの周囲にデッピン等の方法により、シリコンゴム等の被覆材を被覆する。さらに、正極、負極に約1～3kV/mmの分極電界を印加し、圧電体2への分極処理を行い、本発明の積層型圧電アクチュエータを得る。

【0040】尚、本発明の積層型圧電アクチュエータは、四角柱、六角柱、円柱等、どのような柱体であっても構わないが、切断の容易性から四角柱状が望ましい。

【0041】また、上記した例では、外部電極6a、6bを、導電性接着剤17と金属薄板16から形成した例について説明したが、本発明は、金属薄板の代わりに、金属メッシュを用いても良い。この場合には、応力を有効に吸収できる。

【0042】図3は、本発明の噴射装置を示すもので、図において符号51は収納容器を示している。この収納容器51の一端には噴射孔53が設けられ、また収納容器51内には、噴射孔53を開閉することができるニードルバルブ55が収容されている。

【0043】噴射孔53には燃料通路57が連通可能に設けられ、この燃料通路57は外部の燃料供給源に連結され、燃料通路57に常時一定の高圧で燃料が供給されている。従って、ニードルバルブ55が噴射孔53を開放すると、燃料通路57に供給されていた燃料が一定の高圧で内燃機関の図示しない燃料室内に噴出されるように形成されている。

【0044】また、ニードルバルブ55の上端部は直径が大きくなっており、収納容器51に形成されたシリンダ59と摺動可能なピストン61となっている。そして、収納容器51内には、上記した圧電アクチュエータ63が収納されている。

【0045】このような噴射装置では、圧電アクチュエータ63が電圧を印加されて伸長すると、ピストン61が押圧され、ニードルバルブ55が噴射孔53を閉塞し、燃料の供給が停止される。また、電圧の印加が停止されると圧電アクチュエータ63が収縮し、皿バネ65がピストン61を押し返し、噴射孔53が燃料通路57と連通して燃料の噴射が行われるようになっている。

【0046】

【実施例】PZTを主成分とする厚み200μmのグリーンシートにAg/Pdを主成分とする内部電極ペーストを厚み5μmで印刷形成した。内部電極ペーストが塗布されたグリーンシートを300枚積層し、この後、両面に内部電極ペーストが塗布されていないグリーンシートを積層し、加熱接合して一体化した。

【0047】この積層体を縦10mm×横10mmになるように切断し、最高温度700～800℃、20～30時間で脱バインダを行った。その後、最高温度900℃～1100℃で3～5時間焼成を行い、不活性体19を有するアクチュエータ本体1を得た。

【0048】次に、得られたアクチュエータ本体1を固定治具にセットし、アクチュエータ本体1の側面の平面研削を行った。その後、図2に示した形状で、アクチュエータ本体1の側面の内部電極3a、3bが露出している部分（圧電板及び内部電極）をカット・ソーにより切除し、深さ方向に500μm、積層方向の高さhが50μmの凹溝7を形成した。

【0049】この後、アクチュエータ本体1の凹溝7に銀ポリイミド導電性接着剤をディスペンサーを用いて注入し、充填を行い、その内部に厚さ30μm、幅1mm、長さ2mmのコパル箔または銀箔を挿入し、120℃で10分間予備乾燥させた後、220℃、1時間の硬化を行い、導電体中に接続導電部材15の一端部を埋設して固定した。

【0050】次に、導電体9の充填されていない凹溝7内にシリコンゴムを常温で塗布し、真空脱泡により充填した。その後、コパル箔または銀からなる金属薄板16をアクチュエータ本体1の側面に配置し、接続導電部材15の他端部と金属薄板16を超音波溶接により接

合した。

【0051】この後、銀ポリイミドからなる導電性接着剤を、アクチュエータ本体1と金属薄板16との間およびその周囲に塗布し、220℃の乾燥炉にて硬化接着を行った。その後、リード線を金属薄板に半田付けし、シリコンゴムにて外部被覆を行い、正極および負極に2.5kV/mmの直流電界を30分間印加して分極処理を行ない、積層型圧電アクチュエータを得た。

【0052】そして、積層型圧電アクチュエータに応力20MPaを印加し、駆動電圧200Vにて変位量を確認したところ、各サンプルとも40μmの変位量が得られた。次に、応力20MPaを印加し、0~200Vのパルス交番電界を周波数60Hzにて印加し、連続駆動試験を行い、外部電極と内部電極の剥離や断線を確認し

た。その結果を表1に示す。

【0053】比較として、凹溝内に絶縁体だけ充填して一方の内部電極と絶縁するとともに、アクチュエータ本体に他方の内部電極の端部を露出させ、これに金属薄板をAgポリイミド導電性樹脂で被覆した外部電極を接続した（内部電極の端部は導電性接着剤で付着）積層型圧電アクチュエータを作製し、これに応力20MPaを印加し、駆動電圧200Vにて変位量を確認したところ、初期の評価においては、上記の試料と同様、40μmの変位量を示した。また、連続駆動試験を同様にして行い、その結果も表1に記載した。

【0054】

【表1】

試料 No.	接続導電 部材 材質	金属薄板 材質	駆動サイクル 外部電極10 ⁷ 回 剥離、断線有無	外部電極破損状況
1	コパル	コパル	無	1×10 ⁹ 異常無し
2	コパル	Ag	無	8×10 ⁷ 金属薄板損傷
3	Ag	コパル	無	1×10 ⁸ 接続導電部材損傷
4	Ag	Ag	無	3×10 ⁷ 金属薄板、接続部材損傷
* 5	—	コパル	有	5×10 ⁶ 外部電極の剥離

*印は本発明の範囲外の試料を示す。

【0055】この表1から、接続導電部材と金属薄板を接合した本発明の積層型圧電アクチュエータでは、駆動サイクル10⁷サイクル以下では、外部電極と内部電極の剥離や断線が発生しなかった。そして、接続導電部材と金属薄板の材質をヤング率の高いコパルにすることにより、駆動サイクル10⁹サイクルでも、外部電極と内部電極の剥離や外部電極の断線が発生しなかった。

【0056】また、交互に凹溝を形成し、この凹溝内に絶縁体のみを充填した従来の比較例では、駆動サイクル5×10⁵サイクルで外部電極と内部電極の剥離が発生した。

【0057】

【発明の効果】本発明の積層型圧電アクチュエータでは、アクチュエータ本体の側面に形成された凹溝内の導電体に一端部が埋設された接続導電部材と、外部電極とを溶接、ろう付けなどによって強固に接合することにより、内部電極端部と外部電極とを確実に接続できる。これにより、高い印加電界で高速で長期連続駆動させる場合においても、外部電極と内部電極の剥離や外部電極が

断線することなく高い耐久性を備えた信頼性の高い積層型圧電アクチュエータを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の積層型圧電アクチュエータを示す断面図である。

【図2】図1の積層型圧電アクチュエータの一部を拡大して示す断面図である。

【図3】本発明の噴射装置を示す説明図である。

【符号の説明】

- 1・・・アクチュエータ本体
- 2・・・圧電体
- 3a、3b・・・内部電極
- 6a、6b・・・外部電極
- 7・・・凹溝
- 9・・・導電体
- 11・・・絶縁体
- 15・・・接続導電部材
- 16・・・金属薄板
- 17・・・導電性接着剤

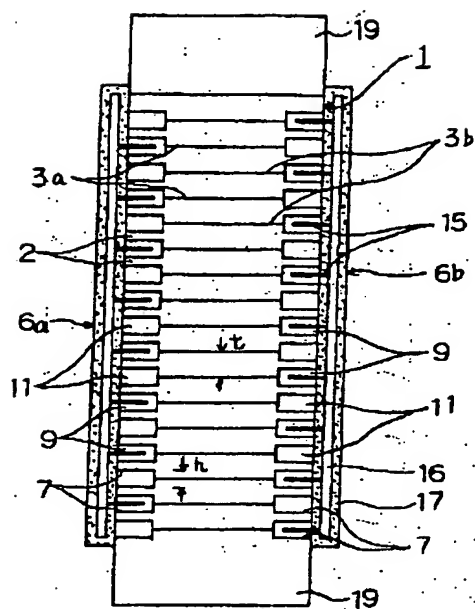
51・・・収納容器

53・・・噴射孔

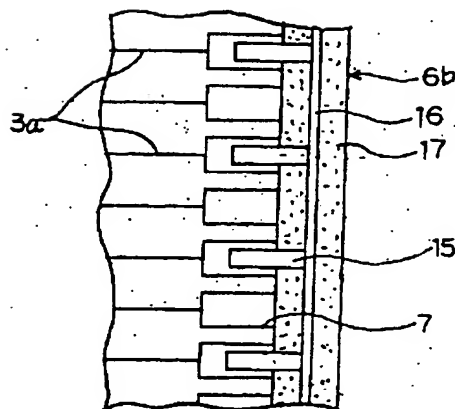
55・・・バルブ

63・・・圧電アクチュエータ

【図1】



【図2】



【図3】

